II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
II NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
12 a 16 de Agosto de 2002 - João Pessoa – PB

INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMAS ESPECIALISTAS E SIMULAÇÃO PARA O MONITORAMENTO DE REDES DE TRANSPORTE DE GÁS NATURAL

Alvino Cesário da Silva Junior, M. Eng.
Laboratório de Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos (LASHIP), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Depto. Engenharia Mecânica, Campus Trindade, Florianópolis -SC, Brasil, CEP: 88040-900, alvino@emc.ufsc.br.

Jonny Carlos Silva, Dr. Eng.
Laboratório de Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos (LASHIP), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Depto. Engenharia Mecânica, Campus Trindade, Florianópolis -SC, Brasil, CEP: 88040-900, jonny@emc.ufsc.br.

Resumo. *Este artigo apresenta uma abordagem para integração de técnicas de sistemas especialistas e de simulação do comportamento dinâmico de gases com base em agentes inteligentes, visando o desenvolvimento de um sistema computacional para auxílio na atividade de monitoramento de redes de transporte de gás natural. Neste tipo de atividade é necessário analisar periodicamente, centenas de parâmetros operacionais inter-relacionados. Para esta tarefa, a combinação de sistema especialista e simulador surge como uma solução sinérgica. Pode-se implementar regras que descrevem como os parâmetros operacionais se relacionam e como devem estar em situações ideais, tornando-se possível analisar situações operacionais altamente complexas antecipadamente e selecionar aquelas mais eficientes. Este trabalho focaliza nas fases de aquisição e representação do conhecimento na formulação do sistema computacional. Como resultado, busca-se a diminuição de custos, aumento na confiabilidade e segurança na operação da rede de gás. O presente trabalho se insere no âmbito do projeto SEGRed, uma parceria entre o LASHIP/UFSC com as empresas SCGÁS, PETROBRAS e TBG, contando também com apoio do FINEP, para o desenvolvimento de um sistema especialista de gerenciamento de redes de transporte e distribuição de gás natural, aplicando simulação dinâmica.*

Palavras-chave: *sistema especialista, sistema simulador, redes de gás.*

1. INTRODUÇÃO

Uma rede de transporte de gás natural é um sistema complexo constituído de vários segmentos de tubulações interconectadas a estações de medição, compressão, etc. A operação deste tipo de sistema envolve o monitoramento e análise periódica de centenas de parâmetros operacionais inter-relacionados que refletem o estado da rede. Estes parâmetros se referem a variáveis de estado contínuas tais como: pressão, vazão e temperatura do gás, e outras variáveis discretas tais como: sinais de ligado/desligado e aberto/fechado de equipamentos. Eles são monitorados em vários pontos da rede, geralmente por intermédio de equipamentos automáticos de transmissão e recepção de dados, contudo sua interpretação e controle ficam limitados à disponibilidade de pessoal e tempo. Como em qualquer organização, a utilização de tais recursos deve ser otimizada.

Os operadores das redes transporte de gás são responsáveis pelo controle da dinâmica da rede de modo que o gás seja entregue nas condições estabelecidas em contrato com o cliente de forma

segura e com um mínimo de custo para a empresa transportadora. Normalmente os operadores trabalham com base em conhecimento heurístico para análise dos parâmetros operacionais. Em casos mais críticos ou que exigem maior precisão, tais como: previsão de queda ou aumento excessivo de pressão, detecção de vazamento, previsão de demandas futuras, validação de parâmetros, etc., eles fazem uso de sistemas simuladores. Todavia, as simulações requerem várias interações manuais tanto no que diz respeito à determinação de parâmetros quanto à interpretação dos resultados. Assim, a aplicação de simuladores para auxílio na operação fica limitada a serviços que não exijam respostas imediatas.

Para implementar um sistema computacional capaz de obter em tempo real, soluções válidas para atividades operacionais com base em simulações, é preciso automatizar o processo de definição de parâmetros e interpretação dos resultados da simulação. Isso pode ser feito com a integração de sistemas especialistas com sistemas simuladores. Com técnicas de sistemas especialistas e conhecimento heurístico sobre o funcionamento da rede, é possível implementar regras que descrevem como os parâmetros operacionais se relacionam, e as condições normais de operação. Aplicando tais regras com dados atuais e futuros, advindos de simulações, o sistema pode analisar a situação operacional atual e fazer prognósticos de falhas.

A disponibilização de sistemas computacionais com tais características traz como contribuição direta o aprimoramento dos serviços prestados pelas empresas de transporte manifestando-se através da garantia de abastecimento dentro de padrões contratuais, operação segura quanto a pessoas e meio ambiente, planejamento de intervenções de manutenção e melhoramento das avaliações quanto à necessidade de expansão das redes. Este artigo tem o objetivo de apresentar uma abordagem viável de integração entre sistemas especialistas e de simulação, para auxílio na atividade de monitoramento e controle de redes de transporte de gás natural.

2. POTENCIALIDADES NA INTEGRAÇÃO DE TÉCNICAS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS E SIMULADORES

Existem alguns trabalhos na literatura que integram técnicas de sistemas especialistas e simuladores para criar ferramentas de auxílio no monitoramento e controle de redes de gás. Tais trabalhos evidenciam potencialidades advindas da integração entre estas duas áreas tecnológicas.

Os trabalhos de Uraikul et al. (2000), e Sun et al. (2000), por exemplo apresentam o projeto de um sistema de suporte automatizado para otimização de operações em redes de gás. O objetivo é fornecer informações para que o operador das estações de compressão possa satisfazer as demandas de consumo com um mínimo custo operacional. O sistema se baseia em duas premissas: quanto menor a diferença entre a pressão à jusante das estações de compressão e a pressão à montante das estações de entrega de gás, menor o custo com combustível, e quanto menor a flutuação de pressão nas tubulações, menor os custos com manutenção. O sistema determina o volume de gás existente nas tubulações (empacotamento) de acordo com o estado atual da rede de gás, recomenda comandos de controle necessários para satisfazer as demandas de consumo, determina a potência necessária e a melhor combinação de compressores para tal.

Johnson et al. (2000), e Johnson (1999) apresentam o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para auxiliar controladores de redes de gás em várias de suas atividades. A ferramenta implementa funcionalidades como: filtragem de parâmetros operacionais inconsistentes lidos pelo sistema de aquisição de dados; identificação de operações que podem causar extrapolação dos valores de ajustes dos parâmetros operacionais, tais como quedas de pressão para patamares abaixo do mínimo necessário; otimização do custo operacional, incluindo gastos com combustível e manutenção, assim como perdas potenciais no empacotamento da linha.

Medeiros et al. (2001) e Fukushima et al. (2000), apresentam dois trabalhos distintos com o mesmo objetivo: desenvolver um sistema de detecção de vazamentos em tubulações de gás, utilizando um sistema simulador. Ambos implementam um método de detecção de vazamento com base em equações dinâmicas que possibilitam analisar o balanço de massa entre dois pontos da

tubulação. Para a análise e controle automático da simulação, Fukushima et al. usa técnicas de sistemas especialistas (regras lógicas) em um "Módulo de Detecção de Vazamentos".

3. USO DE AGENTES PARA DESENVOLVIMENTO E INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS

A abordagem proposta para integração entre o sistema especialista e simulador difere das anteriores pois busca uma maior consistência no que diz respeito à arquitetura básica do sistema, tendo em vista à natureza incremental do desenvolvimento de um sistema especialista. A abordagem se baseia no uso de um novo paradigma em engenharia de software que tem sido reconhecido como o mais adequado para o desenvolvimento de sistemas computacionais complexos, os agentes. Nesta seção serão apresentados alguns fundamentos do desenvolvimento de software baseado em agentes, e referenciadas algumas aplicações desta tecnologia.

3.1. Definição

Segundo Jennings (2000), "Um agente é um sistema computacional encapsulado, situado em um ambiente específico, capaz de ações flexíveis e autônomas dentro deste ambiente, de modo a alcançar seus objetivos previamente programados". Agentes representam um novo paradigma na engenharia de software, vindo no sentido de formalizar fundamentos para projeto de sistemas computacionais com base em componentes de alto nível de abstração. O conceito de agente é portanto "uma ferramenta para analisar sistemas computacionais", Franklin et al. (1996).

Apesar de ser uma tecnologia nova e em acelerado processo de desenvolvimento, existem alguns fundamentos que são quase que unanimemente aceitos pelos vários pesquisadores. Tais fundamentos podem ser usados para diferir um agente de um programa comum, são eles Jennings (2000) e Franklin et al. (1996):

- agentes são entidades solucionadoras de problemas com interface e fronteiras bem definidas;
- são situados (encorpados) em um ambiente particular, eles recebem dados relacionados com o estado de seu ambiente através de sensores e agem sobre este ambiente através de atuadores;
- projetados para cumprir objetivos específicos;
- são autônomos, eles têm controle sobre seu estado interno e sobre seu próprio comportamento e por isso são muitas vezes chamados de "agentes inteligentes";
- os agentes só sabem a tarefa que vão realizar em tempo de execução. Assim são capazes de demonstrar um comportamento flexível na resolução dos problemas para os quais foram programados. Para isso tais sistemas devem ser reativos (capazes de responder oportunamente, às mudanças que ocorrem em seu ambiente) e ativos (hábeis para agir em antecipação à objetivos futuros).

Em suma, para realizar sua função projetada o agente interage com o ambiente para escolher uma ação e então executa a ação através de seus atuadores, segundo regras de ação. Sensores de entrada podem incluir mensagens recebidas e a ação pode ser o envio de mensagens. A Figura (1) ilustra esta interação entre o agente e seu ambiente Vidal et al.(2001).
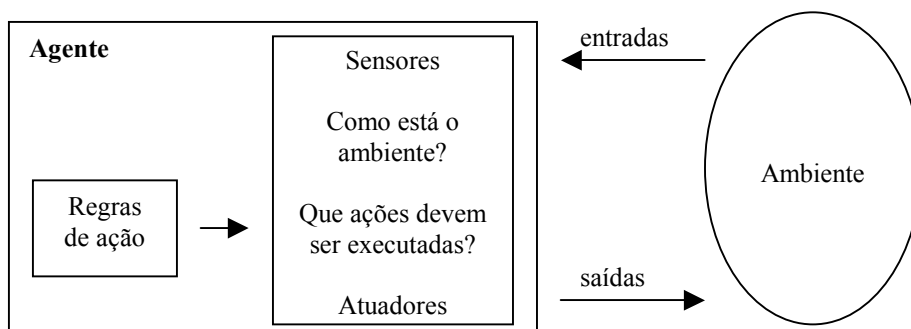
Figura 1. Interação entre agente e ambiente, Vidal et al. (2001)

3.2. Aplicações de Agentes

Os agentes podem ser empregados em qualquer área de desenvolvimento de software. Seu uso é crescente no contexto atual pois representam uma abordagem eficiente para implementação de sistemas computacionais de grande complexidade. O fato dos agentes serem reativos significa que eles decidem por si só quando devem agir. Este auto-gerenciamento reduz os problemas inerentes às arquiteturas centralizadas para controle de processos no software. Outra vantagem eminente é que os agentes são projetados para se adaptar facilmente a novas interações entre os componentes do software, e como se sabe, é impossível prever todas as interações no momento do projeto de um software.

Estas qualidades são especialmente adequadas para o desenvolvimento de sistemas especialistas. Elas vão de encontro à resolução de problemas advindos de duas de suas características fundamentais:

- sistemas especialistas implementam redes de relacionamentos extremamente complexas para representação da base de conhecimento (redes semânticas), cujos processos computacionais inerentes são de difícil gerenciamento através de arquiteturas centralizadas;
- são desenvolvidos de modo incremental e contínuo, e na medida em que cresce a base de conhecimento multiplica-se o número e tipos de interações entre os componentes do sistema. Sem uma arquitetura bem planejada, sua manutenção e expansão podem se tornar inviáveis.

Jennings et al. (1993) evidenciam na prática as vantagens do uso de agentes para desenvolvimento de sistemas especialistas. Eles apresentam a integração entre um sistema para diagnóstico de falhas em aceleradores de partícula e um sistema para diagnóstico de falhas em feixes de partículas através de comunidades de agentes cooperativos. Nota-se que a utilização de um controle global (arquitetura centralizada) em sistemas especialistas é a forma mais fácil de garantir a execução coerente das regras, contudo utilizar controles locais (agentes) simplifica a concepção e implementação do sistema.

Devido às suas características superiores de encapsulamento e automação, os agentes têm sido largamente empregados na integração de dados entre sistemas computacionais que trabalham de forma independente mas que geram dados correlacionados. Silva et al. (1997), por exemplo, apresentam em seu trabalho a estrutura funcional de um agente que integra um sistema especialista para o projeto de sistemas hidráulicos a uma ferramenta de simulação dinâmica. O objetivo do agente é gerar arquivos que represente o sistema hidráulico a partir de informações advindas do sistema especialista, e com esta representação definir modelos que possam ser processados pelo simulador.

Ozawa et al. (1998) por sua vez, propõem uma abordagem para acelerar o processo de projeto pela redução de atrasos cujas causas estão associadas com a troca de informações. Sua abordagem é fundamentada no uso de agentes, através das quais os projetistas trocam informações entre ferramentas usadas nos vários níveis de representação de conhecimento durante o processo de projeto. O trabalho foi concentrado na apresentação de métodos para compartilhar as informações entre o projeto preliminar, com a simulação dinâmica de um produto feito no MATLAB, e projeto detalhado, com modelos geométricos parametrizados criados no sistema CAD I-DEAS. Deste modo foi conseguida a descrição completa da dinâmica de um produto.

4. USO DE AGENTES INTELIGENTES PARA INTEGRAÇÃO DE TÉCNICAS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS E SIMULAÇÃO

O trabalho apresentado neste artigo é parte integrante do projeto SEGRed (Sistema Especialista para Gerência de Redes de Gás) que visa o desenvolvimento de software para apoio a operação e manutenção de redes de distribuição e de transporte de gás natural utilizando simulação dinâmica do escoamento do gás natural. O SEGRed tem o objetivo de reduzir custos operacionais, melhorar a documentação das atividades de operação e manutenção, documentar e organizar parte da memória corporativa das empresas.

A Figura (2) apresenta os principais componentes do SEGRed e o fluxo de informação entre eles. Através da “Interface Gráfica” o usuário interage com o sistema. O “Módulo de Domínio de Aplicação” contém a definição das classes usadas para o modelamento da rede de gás dentro do sistema especialista, tais como Classe Estação de Entrega, Classe Estação de Compressão, Classe Tubulação, etc. O “Módulo de Diagnóstico” contém a implementação das heurísticas para diagnóstico de falhas em componentes das estações existentes na rede. O “Sistema Simulador” recebe os parâmetros de simulação do sistema especialista (tempo de simulação, históricos de consumo, etc.) e gera um arquivo com os resultados numéricos. O “Módulo Agente de Avaliação Operacional” é o enfoque deste trabalho, maiores detalhes sobre este módulo são dados a seguir.
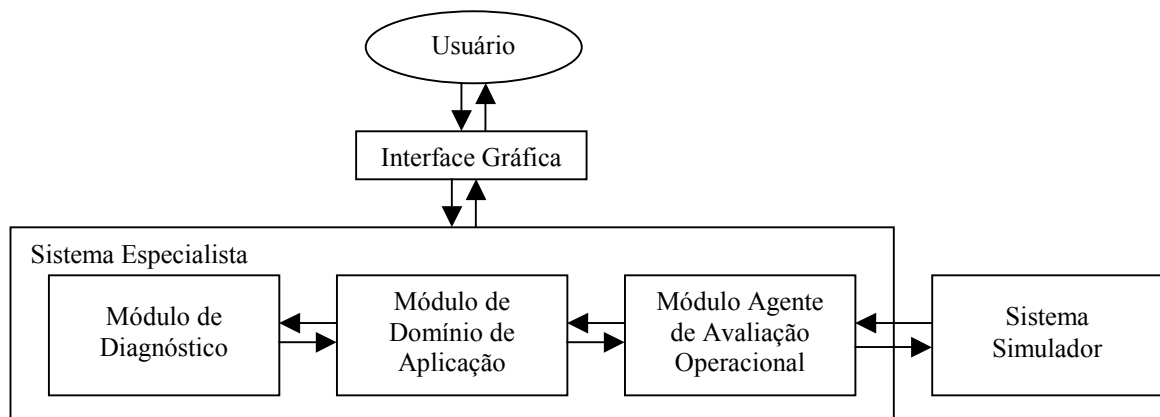
Figura 2. Visão geral dos componentes do SEGRed

4.1. O Módulo Agente de Avaliação Operacional

O Módulo Agente de Avaliação Operacional é responsável pala implementação das funcionalidades que integram técnicas de sistemas especialistas e de simulação do escoamento dinâmico de gases. Utilizando os recursos deste módulo o usuário pode configurar e avaliar um cenário operacional, obtendo a validação dos parâmetros operacionais, análise e prognóstico sobre falhas, e sugestões operacionais. A Figura (3) ilustra o modelo conceitual deste módulo utilizando o diagrama de Caso de Uso definido pela linguagem UML (*Unified Modeling Language*).
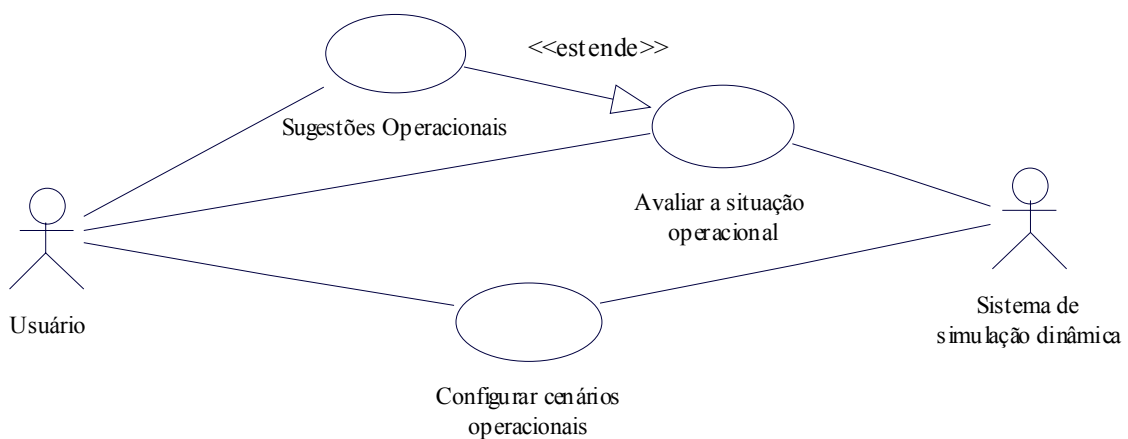
Figura 3. Funcionalidades do Módulo Agente de Análise e Prognóstico

Segue-se a descrição de cada caso de uso ou funcionalidade do Módulo Agente:

- Configurar cenários operacionais – O usuário pode alterar valores de parâmetros operacionais e assim configurar um cenário. No caso de falha ou falta de algum transmissor de dados instalado na rede, ou no caso de indefinição de algum parâmetro operacional, o usuário pode pedir ao

Módulo Agente que defina este parâmetro com base em resultados de simulações anteriores. Este recurso funciona como um transmissor de dados virtual.

- Avaliar a situação operacional - Sempre que o módulo agente percebe que houve alteração do cenário operacional ele faz a validação dos parâmetros, e caso sejam válidos, executa uma simulação, processa a análise da situação operacional atual e faz o prognóstico sobre falhas com base nos resultados da simulação. Todo este processo é executado por regras lógicas ou heurísticas sobre o funcionamento da rede de gás.
- Sugestões operacionais - Este caso de uso é uma extensão do caso de uso anterior. Quando identificada alguma falha operacional na rede o Módulo Agente gera um relatório de sugestões operacionais e o coloca disponível para o usuário.

Outras funcionalidades poderão ser agregadas ou estendidas com a continuidade do desenvolvimento.

4.2. Comunicação Entre Módulo Agente – Sistema Simulador

A comunicação entre Módulo Agente e Sistema Simulador se processa em duas vias:

- definição de parâmetros de simulação a partir de dados do sistema especialista (na configuração de cenários);
- processamento da validação de parâmetros operacionais, análise e prognóstico de falhas na rede com regras do sistema especialista, a partir da interpretação dos resultados de simulação (na avaliação da situação operacional).

Há um mapeamento "um para um", entre a estrutura de dados do sistema especialista e do simulador, pois ambas contém o modelo da mesma rede de gás. Cada classe de dados representante de componentes da rede dentro do sistema especialista, tal como Estação de Entrega ou Válvula de Bloqueio, etc., possui como atributos os índices de posicionamento de seus respectivos parâmetros operacionais na estrutura de dados do sistema simulador. Assim é possível implementar os métodos que manipulam as variáveis de simulação a partir do sistema especialista.

O Módulo Agente faz a interpretação dos parâmetros simulados pela tradução de seus valores numéricos em símbolos com valor semântico equivalente. O valor semântico pode ser: abaixo (quando abaixo do limite de projeto), baixo, normal, alto ou acima (quando acima do limite projeto), para o caso de parâmetros operacionais contínuos tais como pressão e vazão; e ligado ou desligado, aberto ou fechado, para o caso de parâmetros operacionais discretos. Assim é possível determinar por exemplo, se a pressão a montante da "Estação de Entrega X" está num patamar considerado baixo pelo operador da rede.

Durante a avaliação de um determinado cenário operacional, o Módulo Agente interpreta todos os valores referentes calculados na simulação para cada um dos parâmetros operacionais considerados.

5. RESULTADOS INICIAIS

Com o intuito de aplicar o procedimento incremental, Gonzalez (1993), reconhecido como o modelo de desenvolvimento de sistemas especialistas mais adequado para o projeto de sistemas de médio e grande porte, este projeto escolheu apenas algumas regiões tanto no sistema TBG quanto no SCGAS. Com isto as diferentes etapas no desenvolvimento de um sistema especialista, a saber aquisição, representação, implementação e validação do conhecimento podem ser executadas de forma coordenada visando atingir robustez, modularidade e capacidade de expansão do sistema como métricas no desenvolvimento, vide Silva (1998).

Esta seção faz a apresentação do primeiro protótipo do Módulo Agente de Avaliação Operacional. Este protótipo tem o objetivo de emular um sistema computacional de auxílio na atividade de monitoramento de uma rede de transporte de gás natural, integrando técnicas de sistemas especialistas e simulação dinâmica. Ele faz a análise da situação atual e futura da rede com base nos valores de parâmetros operacionais de pressão e vazão das estações existentes no primeiro

trecho da Divisão Sul (DVS) do Gasoduto Brasil-Bolívia (GASBOL). Seus principais componentes são: estação de compressão (ECOMP) de Araucária, estações de entrega (EE) de Joinville, Guaramirim, Blumenau, Brusque e Tijucas, e ECOMP de Biguaçu.

Para implementação do sistema especialista está sendo usado o CLIPS, que é um ambiente completo para o desenvolvimento de sistemas especialistas baseados em regras e/ou objetos desenvolvido pela NASA, e disponibilizado de forma aberta e gratuita (www.ghgcorp.com/clips/CLIPS.html). A interface gráfica é inteiramente desenvolvida em Visual Basic 6.0, sendo que a interação entre o ambiente CLIPS e a interface gráfica é viabilizada pelo componente CLIPS-OCX.

Visando exemplificar os conceitos aos especialistas bem como implementar algumas regras para inferir sobre os resultados simulados, a primeira versão deste agente apenas manipula dados já simulados e oferece algumas orientações de procedimento.

Os parâmetros simulados usados no protótipo são advindos de arquivos com resultados de simulações previamente realizadas no software AMESim, Lebrun (1997). Foram simulados três cenários operacionais convenientemente criados para mostrar os conhecimentos heurísticos implementados para o processamento de análises e prognósticos. Tais cenários são baseados em perfis reais de consumo registrados no mês de Setembro/2001. Cada cenário compreende um período de 7 dias, os quais são analisados em faixas de 24h a partir da hora zero (00:00h) do dia 16/09/2001. Nota: os dados aqui apresentados servem apenas como exemplos.

A interface gráfica de interação com o protótipo contém uma janela principal e uma auxiliar. A janela principal é mostrada na Fig. (6). O mapa à esquerda representa o primeiro trecho da divisão sul do Gasoduto Brasil-Bolívia. À direita e encima, tem-se o gráfico de resultados simulados de pressões nas estações em função do tempo. Abaixo do gráfico e à esquerda exibe-se valores de parâmetros operacionais no instante atual. Abaixo do gráfico e à direita existe uma lista de cenários operacionais pré-definidos, dentre os quais, um deve ser escolhido para avaliação. Ainda, um grupo de quatro botões possibilita: visualizar a avaliação processada, ativar o modo automático de operação, sair do modo automático e fechar o protótipo.
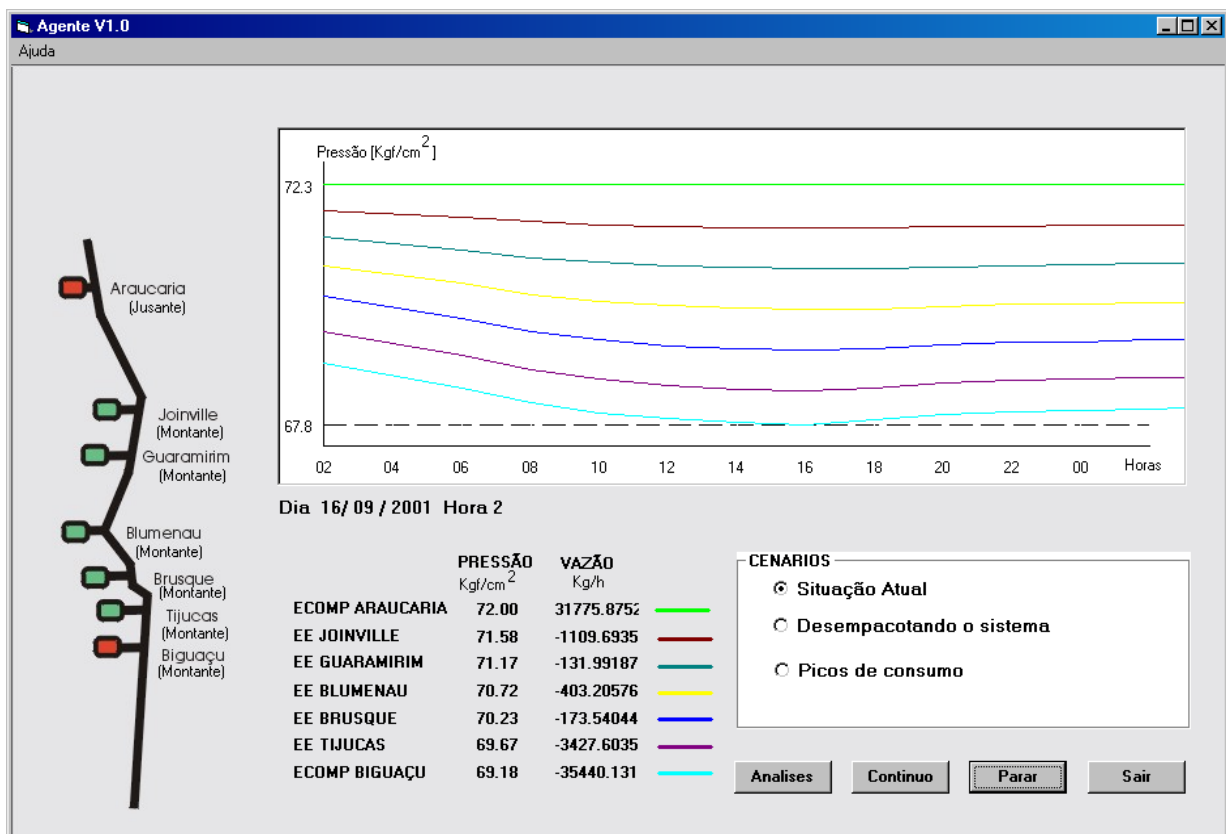
Figura 6. Janela principal do protótipo

A janela auxiliar, Fig. (7), é usada para exibir as avaliações realizadas pelo sistema, tornando-se visível sempre que o usuário escolhe a opção "Analises".
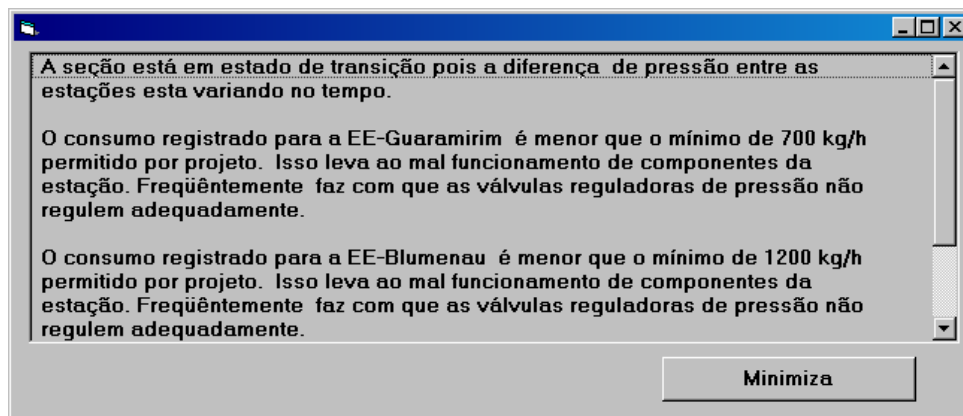
Figura 7. Janela secundária com as análises e prognósticos processados

Uma vez selecionado o cenário, o usuário clica no botão “Continuo” e o protótipo passa a atualizar os dados operacionais automaticamente, incrementando o tempo atual em uma hora a cada 5 segundos. Esse modo de trabalho emula uma possível ligação com um sistema de aquisição de dados on-line. A cada atualização a avaliação é processada e as descrições apresentadas na janela auxiliar são atualizadas.

Seguem-se exemplos de algumas regras lógicas que podem ser processadas na avaliação da situação operacional.

- Se a diferença de pressão entre as estações da seção permanece constante ao longo do tempo, significa que a seção está operando em regime.
- Se a diferença de pressão entre as estações da seção altera ao longo do tempo, significa que a seção está operando em transição.
- Se a diferença de pressão entre as estações permanece constante ao longo do tempo e a pressão em um determinado ponto após 24 h é menor que a atual, significa que o sistema está desempacotando.
- Se a pressão à montante da EE (Estação de Entrega) é menor que o mínimo estabelecido por projeto, a estação não conseguirá entregar o gás na pressão de contrato.
- Se a pressão à montante da ECOMP (Estação de compressão) está abaixo do mínimo estabelecido no projeto, haverá uma diminuição na eficiência desta ECOMP.
- Se o consumo da EE é maior que o máximo permitido por projeto, significa que pode haver vazamento de gás ou erro de leitura do parâmetro.
- Se o consumo da EE é menor que o mínimo estabelecido no projeto pode haver o mau funcionamento de equipamentos da estação. Geralmente as válvulas de controle de pressão não conseguem controlar e os equipamentos de medição de consumo perdem a precisão.

Algumas destas regras são um tanto quanto óbvias e todas estão descritas de modo bastante simplificado. Contudo elas são necessárias e servem ao objetivo atual de validar o primeiro protótipo do Módulo Agente. O grau de complexidade das avaliações vai sendo aumentado de modo incremental através da interação com os especialistas envolvidos no projeto.

6. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que integra técnicas de sistemas especialistas com simulação, para auxílio no monitoramento de redes de transporte de gás, sendo parte integrante do projeto SEGRed. A integração entre estes dois tipos de sistemas é uma solução sinérgica para os problemas encontrados no dia a dia dos operadores de

redes de gás. Para viabilizar tal ferramenta foi proposta uma abordagem baseada em agentes. Esta abordagem foi implementada na forma de um primeiro protótipo com funcionalidades básicas.

O agente é dependente de métodos e propriedades do ambiente no qual ele está inserido, contudo é totalmente independente de outros componentes funcionais do software que atue neste mesmo ambiente. Isso facilita o trabalho em equipe dando maior liberdade para cada desenvolvedor. No caso apresentado, o ambiente no qual o agente atua é o Módulo de Domínio de Aplicação. Os outros módulos funcionais do sistema, Módulo de Diagnóstico e Interface Gráfica, atuam sobre este mesmo ambiente sem interferir no Módulo Agente.

A engenharia de software baseada em agente demonstrou ser um paradigma especialmente adequado ao desenvolvimento de sistemas especialistas, devido às suas características superiores de encapsulamento e flexibilidade. Isso facilita a resolução de conflitos durante o processamento simbólico do sistema e também aumenta a velocidade de incremento da base de conhecimento. Portanto, pode ser adequado projetar Módulo de Diagnóstico utilizando o paradigma de agentes.

O protótipo implementado permitiu validar a abordagem de integração proposta. Com ele foi possível definir um processo lógico necessário para efetivar a requerida integração entre o sistema simulador e especialista. O aperfeiçoamento da arquitetura do sistema necessária para implementação deste processo e adição de novas funcionalidades no Módulo Agente, se dará na proporção do incremento da base de conhecimento implementada no sistema.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao corpo técnico e gerencial da TBG/Florianópolis pelo apoio na elaboração e validação deste módulo, como também aos demais parceiros PETROBRAS e SCGAS, pelo suporte integral ao projeto SEGRed. Este projeto também recebe recursos no âmbito do FINEP-CTPETRO-520184/01-7.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Franklin, S. e Graesser, A. , 1996, “Is it an agent, or just a program?: A taxonomy for Autonomous Agents”, Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, Springer-Verlang.

Fukushima, K., Maeshima, R., Kinoshita, A., Shiraishi e H. Koshijima, I. , 2000, “Gas pipeline leak detection system using the online simulation method”, Computers & Chemical Engineering, Vol. 24, pg. 453-456.

Gonzalez, A.J. and Dankel, D. D., 1993, “The Engineering of Knowledge-Based Systems - Theory and Practice”, Prentice-Hall, Inc.

Jennings, N. R. , 2000, “On agent-based software engineering”, Artificial Intelligence, Vol. 117, pg. 277-296.

Jennings, N. R., Varga, L. Z., Aarnts, R. P., Fuchs, J., Skarek, P. , 1993, “Transforming stand alone expert system into a community of cooperating agents”, International J. Eng. Appl. AI, Vol. 6 (4), pg. 317-331.

Johnson, A. T., 1999, “A practical approach to the application of an expert system to gas pipeline operation and data integrity”, Pipeline Simulation Interest Group (PSIG).

Johnson, A. T., Marquart, B. D., Istre, M. L. e Walloopillai, R. K., 2000, “Integrating an expert system and pipeline simulator to enhance gas pipeline operation, profitability an safety”, Pipeline Simulation Interest Group (PSIG).

Lebrun, M., and Richards, C.W., 1997, “How to Create Good Models Without Writing a Single Line of Code”, Fifth Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'97, Linköping, Sweden.

Medeiros, J. L., Neto, J. P. P. e Araújo, O. Q. F., 2001, “Dynamic modeling of gas pipeline networks for leak detection applications”, III ENPROMER.

Nwana, H. , 1996, “Software Agents: An Overview”, Knowledge Engineering Review.

Sampath, S. e Yee, S., 2000, “Automating the predictor to answer routine operational questions”, Pipeline Simulation Interest Group (PSIG).

Silva, J. C., Bennett, D. e Counsell, J. M. , 1997, “Computational Agent to Integrate Expert System and Simulation Language”, 9th European Simulation Symposium, Passau, Germany, Oct. 19-23.

Silva, J. C., 1998, “Expert System Prototype for Hydraulic System Design Focusing on Concurrent Engineering Aspects”, Doctorate Thesis, Mechanical Engineering at Federal University of Santa Catarina, Brazil, pg. 185.

Sun, C. K., Uraikul, V., Chan, C. W., Tontiwachwuthikul, P. , 2000, “An integrated expert system/operations research approach for the optimization of natural gas pipeline operations”, Engineering Applications of Artificial Intelligence, v. 13, pg. 465-475.

Uraikul, V., Chan, C. W. e Tontiwachwuthikul, P., 2000, “Development of an expert system for optimizing natural gas pipeline operations”, Expert Systems with Applications, Vol. 18, pg. 271-282.

INTEGRATION OF EXPERT SYSTEM TECHNIQUES AND SIMULATION FOR NATURAL GAS PIPELINE MONITORING

Alvino Cesário da Silva Junior
Federal University of Santa Catarina (UFSC), Mechanical Engineering Department, Laboratory of Hidraulic and Pneumatic Systems (LASHIP), Campus Trindade, Florianópolis - SC, Brazil, CEP: 88040-900, alvino@emc.ufsc.br.

Jonny Carlos Silva
Federal University of Santa Catarina (UFSC), Mechanical Engineering Department, Laboratory of Hidraulic and Pneumatic Systems (LASHIP), Campus Trindade, Florianópolis - SC, Brazil, CEP: 88040-900, jonny@emc.ufsc.br.

Abstract. *This paper presents a project whose objective is to integrate expert system technique and dynamic simulation for monitoring the natural gas network operation, applying the concept of computational agents. Natural gas pipeline monitoring requires the intermittent analysis of hundreds interrelated operational parameters, which represent the network state. The combination of expert system and simulation is a synergic solution for this kind of problem. With expert system techniques, it is possible to implement rules that describe the relationship between current operational parameters and the network normal operational conditions based on heuristic knowledge. By applying such rules, the system aims to predict abnormal conditions via dynamic simulation, allowing time analysis of operational situations in advance. At the present stage the project is concentrated on knowledge acquisition and representation, though some implementation has taken place due to the incremental approach, considered as development paradigm. Our objectives are to reduce costs, increase the reliability and security on pipeline operation. This work is part of SEGRed project, established as partnership among LASHIP/UFSC, SCGas (state natural gas distribution company), TBG (regional natural gas transportation company) and PETROBRAS (Brazilian oil and gas company). The project also receives support from FINEP (national research funding agency) for the development of a management expert system for natural gas transportation and distribution network, using dynamic simulation.*

Keywords: *expert system, simulation system, gas networks.*